

COMUNE DI VERONA
PROVINCIA DI VERONA

Committente: Chiavegato Piergiorgio e altri

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO SCHEDA NORMA 67

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA'
GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA**



Romano Rizzotto
geologo

Verona, maggio 2013

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	INDAGINI ESEGUITE	4
1.2	CONDIZIONI PROGRAMMATICHE DI FRAGILITA' GEOLOGICA DELL'AREA.....	4
2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO	6
3	IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	9
4	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO.....	10
4.1	TRINCEE ESPLORATIVE.....	11
4.2	PROSPEZIONE IN SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR	16
4.3	PROVE DI PERMEABILITA'	23
5	MODELLO LITOLOGICO E GEOTECNICO DI PROGETTO.....	25
6	ANALISI SISMICA DELL'AREA IN STUDIO	27
7	CONCLUSIONI	29

ELENCO ALLEGATI

1.	TOPOGRAFIA	scala 1:25.000
2.	CARTA TECNICA REGIONALE	scala 1:5.000
3.	PLANIMETRIA CATASTALE	scala 1:2.000
4.	CARTA DI MORFOCONSERVAZIONE	scala 1:20.000
5.	CARTA IDROGEOLOGICA	scala 1:30.000

l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e dal D.M. 14.01.2008 «Norme tecniche per le costruzioni».

Il presente studio si propone di

- verificare la compatibilità geologica, geomorfologica ed idrogeologica del sito prescelto per il PUA in questione;
- riconoscere le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area;
- ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo;
- caratterizzare la risposta sismica locale;
- definire le fondamentali caratteristiche geotecniche e la resistenza dei terreni di fondazione.

1.1 INDAGINI ESEGUITE

- ricerca e consultazione di dati bibliografici e cartografici;
- esame geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area in esame e delle sue immediate adiacenze mediante rilievo di campagna;
- esecuzione di indagini dirette del sottosuolo mediante trincee esplorative con escavatore a braccio meccanico;
- prova di permeabilità in sito;
- caratterizzazione geofisica del sottosuolo basata sulla tecnica dei rapporti spettrali (o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio), svolta mediante un tromometro digitale modello "Tromino".

1.2 CONDIZIONI PROGRAMMATICHE DI FRAGILITA' GEOLOGICA DELL'AREA

Le Ordinanze del P.C.d.M. n°3274, del 20.03.2003 e successive integrazioni e modifiche inseriscono il Comune di Verona tra i territori sismici in Zona 3.

Il Piano degli Interventi del Comune di Verona, inserisce l'area di intervento nella classe di compatibilità geologica "Idonea".

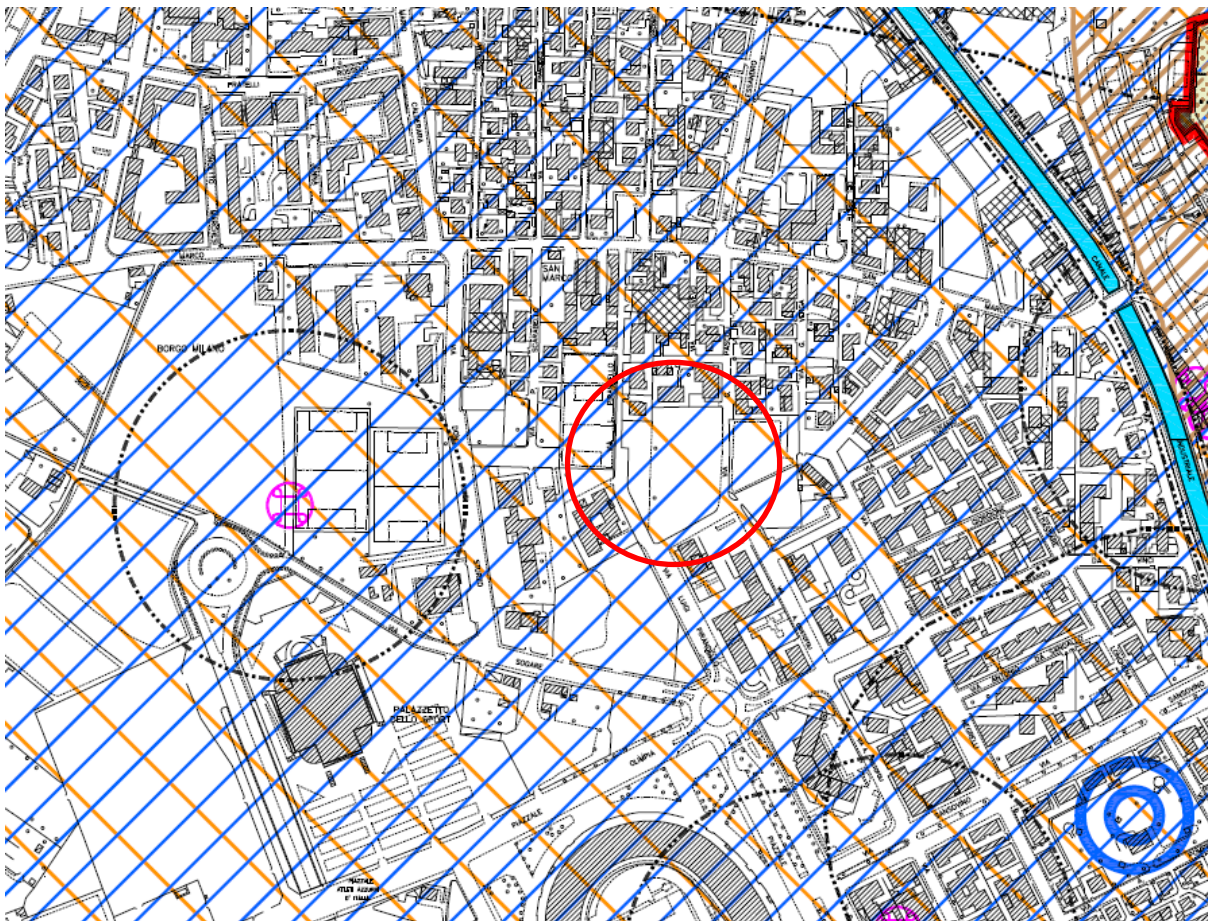
Lo stesso piano individua per l'area in studio una Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi *ALTA* ovvero *"Aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali e fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria. Strati di alterazione superficiale di scarsa potenza. Morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei. Dinamica geomorfologica prevalente: fluviale e fluvioglaciale. Presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 metri dal piano campagna."*

Art. 43 - Tutela della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi

-  Unità E: Vulnerabilità Intrinseca elevata
-  Unità A: Vulnerabilità intrinseca alta
-  Unità M: Vulnerabilità intrinseca media
-  Unità B: Vulnerabilità Intrinseca bassa
-  Unità C: Vulnerabilità Intrinseca da alta ad elevata
-  Unità V: Vulnerabilità intrinseca variabile da bassa ad alta



Art. 51 - Risorse Idropotabili



Stralcio tav 1 PI Comune di Verona

Per il P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige questa porzione del territorio comunale non è considerata a pericolosità o a rischio idraulico.

2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'area interessata dal PUA, da un punto di vista geologico e geomorfologico appartiene all'alta pianura veronese, costituita da conoidi fluvioglaciali e fluviali sovrapposte e terrazzate, depositate dal Fiume Adige, nei periodi interglaciali e postglaciali; essa si presenta pianeggiante con lieve acclività verso Sud.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio studiato appartiene all'antico conoide fluviale e fluvioglaciale dell'Adige, terrazzato e a più riprese inciso. Più precisamente, l'area appartiene all'unità geomorfologica nota come «piano di divagazione dell'Adige», che risulta topograficamente più depressa rispetto alla pianura circostante.

Gli elementi geomorfologici più significativi che contraddistinguono il territorio indagato, subpianeggiante, sono rappresentati dalla scarpata di terrazzo di altezza pari ad almeno 7-8 metri che separa il conoide dal piano di divagazione dell'Adige, al di sopra della quale corre la linea ferroviaria Verona – Brennero.

Altimetricamente l'area si trova ad una quota di circa 59 m s.l.m., circa 1500 metri a Est della citata scarpata di terrazzamento alluvionale che presenta andamento a meandro e in prossimità della quale dove sono stati riconosciuti anche alcuni paleoalvei, leggermente depressi - **si veda allegato 4 «Carta di Morfoconservazione scala 1:20.000» -**.

Infine, tra gli elementi di origine antropica, si segnalano alcune cave di prestito, spesso ricomposte a piano campagna da parecchi anni con materiali di riporto di varia natura.

Dal punto di vista litologico questo tratto dell'alta pianura veronese risulta costituito da materiali sciolti a granulometria prevalentemente ghiaio-sabbio-ciottolosa con intercalate lenti limo-argillose e livelli conglomeratici di potenza metrica e limitata continuità areale.

Per meglio definire la natura del sottosuolo nell'area studiata sono state reperite in bibliografia alcune stratigrafie di sondaggi e terebrazioni di pozzi eseguiti in aree limitrofe – **per la loro ubicazione si veda l'allegato 1 «Topografia alla scala 1:25.000».**

Si rammenta che le descrizioni granulometriche delle stratigrafie n°3 e 4, compilate da personale tecnico nel corso di terebrazioni eseguite per ricerche idriche, a causa dei metodi di perforazione, non possono essere maggiormente dettagliate; per questo motivo l'attendibilità risulta relativa ed i dati devono essere considerati solamente come indicativi.

Stratigrafia n°1 (località incrocio Corso Milano - Via Leopardi)

PROFONDITA' (in metri dal p.c.)	LITOLOGIA
---	------------------

0÷1,5	Ghiaia e sabbia con livelli di argilla
1,5÷3,0	Ghiaia in matrice sabbiosa
3,0÷6,0	Ghiaia pulita
6,0÷7,5	Ghiaia con livelli limosi
7,5÷9,0	Ghiaia in abbondante matrice limosa
9,0÷10,5	Ghiaia pulita
10,5÷13,5	Ghiaia con livelli limosi

Stratigrafia n°2 (località Sogare)

PROFONDITA' (metri dal p.c.)	LITOLOGIA
--	------------------

0÷0,7	Terreno vegetale limo-sabbioso debolmente argilloso
0,7÷3,0	Ghiaia in matrice sabbiosa
3,0÷9,0	Ghiaia in matrice sabbiosa con ciottoli
9,0÷10,0	Ghiaia in matrice sabbiosa

Stratigrafia n°3 (località Corso Milano - vicino Via Manzoni)

PROFONDITA' (metri dal p.c.)	LITOLOGIA
0÷0,4	Terreno di riporto
0,4÷6,0	Ghiaia grossolana con ciottoli
6,0÷12,8	Ghiaia media con pochi ciottoli
12,8÷18,6	Ghiaia e sabbia con tracce di argilla
18,6÷27,0	Ghiaia con sabbia grossa
27,0÷29,1	Argilla grigia compatta
29,1÷31,8	Ghiaia con sabbia
31,8÷36,5	Ghiaia con poca sabbia
36,5÷37,0	Argilla rossa compatta
37,0÷39,6	Argilla e sabbia con tracce di argilla
39,6÷41,5	Ghiaia e sabbia con qualche ciottolo
41,5÷43,0	Ghiaia con poca sabbia
43,0÷52,0	Ghiaia e sabbia con ciottoli
52,0÷63,5	Ghiaia e sabbia con grossi ciottoli
63,5÷64,0	Argilla grigia e gialla
64,0÷65,0	Argilla grigia e gialla con sabbia

Stratigrafia n°4 (località AGSM Porta Palio)

PROFONDITA' (metri dal p.c.)	LITOLOGIA
0÷3,0	Terreno vegetale
3,0÷16,0	Ghiaia, sabbia e ciottoli
16,0÷18,0	Argilla nera
18,0÷21,0	Ghiaia con poca sabbia
21,0÷22,0	Argilla biancastra
22,0÷61,6	Ghiaia, sabbia e ciottoli con argilla

3 IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

Il corso d'acqua di maggiore entità è il fiume Adige, che scorre circa 1.5 km a Nord-Est, all'interno della città di Verona.

L'area non è stata interessata da esondazioni o allagamenti e non è a rischio idraulico.

Anche per il **P.A.I.** (Piano di Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige questa porzione del territorio comunale non è considerata a pericolosità o a rischio idraulico.

Le condizioni idrogeologiche dell'area in esame sono legate alla permeabilità dei litotipi presenti nel sottosuolo, all'assetto stratigrafico ed alla morfologia locale; questi fattori determinano ovviamente anche i caratteri della rete idrografica superficiale ed il deflusso delle acque meteoriche.

La situazione idrogeologica è stata ricostruita sulla base delle stratigrafie redatte in occasione della terebrazione di pozzi. I depositi alluvionali a granulometria grossolana, che costituiscono le prime decine di metri del sottosuolo possiedono una permeabilità elevata che consente l'infiltrazione nel sottosuolo delle precipitazioni; queste ultime quindi vanno ad alimentare livelli acquiferi freatici sostenuti da orizzonti argillosi impermeabili presenti a rilevante profondità.

Nell'alta pianura veronese lo spessore del materasso ghiaioso è variabile e diminuisce da Nord verso Sud fino ad annullarsi in corrispondenza della fascia dei fontanili, posta a diversi chilometri di distanza dall'area di intervento.

Il sistema idrogeologico comprende quindi, da Nord verso Sud, un acquifero indifferenziato che determina, in corrispondenza della fascia delle risorgive, l'emergenza della falda superficiale e che dà origine all'acquifero multifalde che ivi ha origine.

Per quanto concerne la falda nell'area in studio, il livello statico misurato nel periodo di piena - fine agosto-inizio settembre 1986 - secondo i rilievi riportati in **allegato 5 «Carta idrogeologica alla scala 1:30.000»** tratta da A. Dal Prà e P. De Rossi «Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige» (1989) risulta a quote comprese tra i 50 e i 51 metri s.l.m., cioè a circa 8 metri dal piano campagna. La direzione di deflusso sotterraneo è da N.O. verso S.E. ed il gradiente locale è pari a 0,75 ‰ - si veda; l'escursione media annua è di 3,5 metri.

Il sistema idrogeologico viene alimentato dalla ricca falda di subalveo della valle dell'Adige, dall'infiltrazione degli afflussi meteorici diretti, dalle falde di subalveo dei torrenti lessinei e dei corsi d'acqua provenienti dalla cerchia morenica del Garda e dalle irrigazioni.

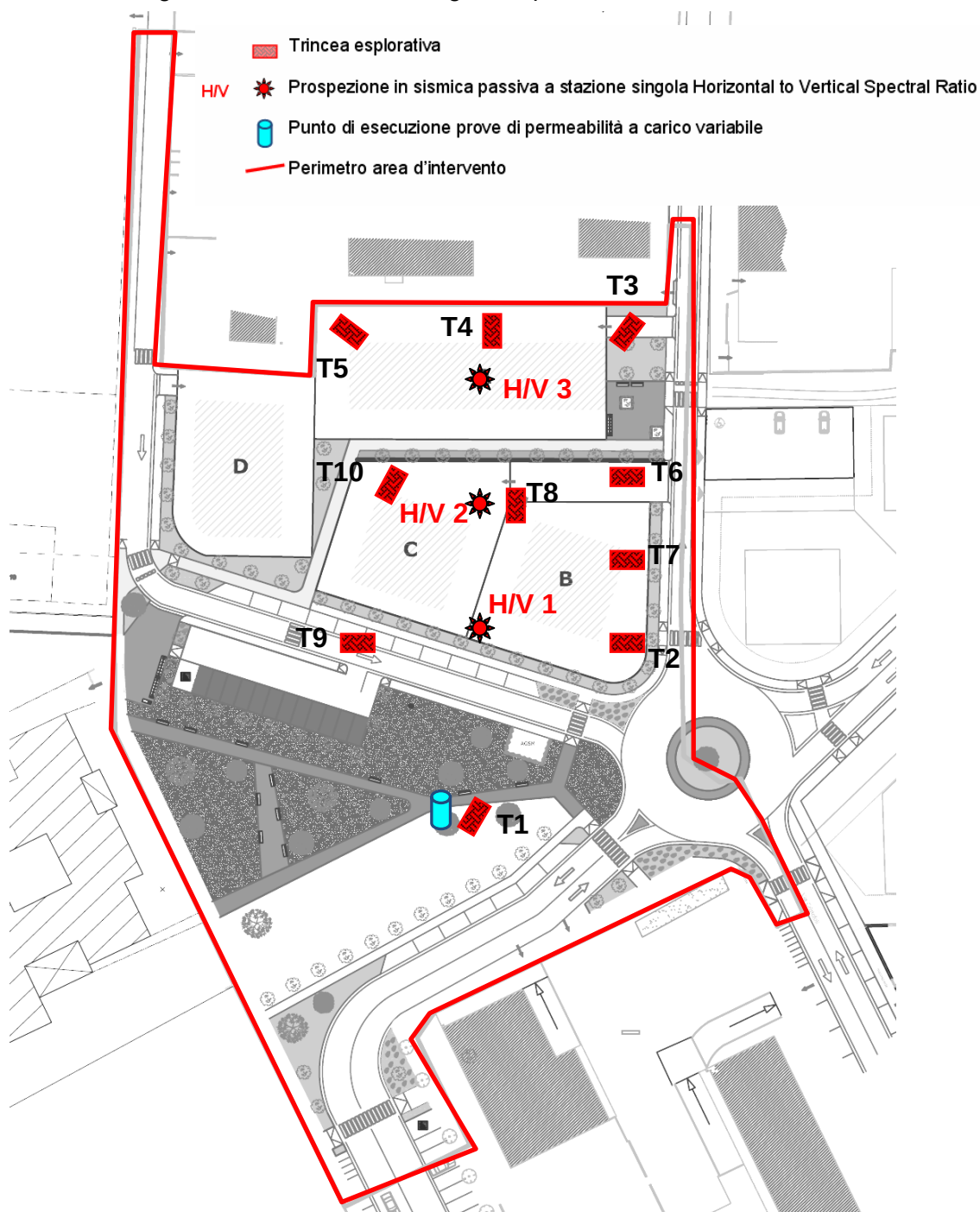
Tra quelli appena citati, stando alle conoscenze attuali, il fattore più importante è la falda di subalveo dell'Adige, la cui portata media annua è stata stimata dell'ordine di grandezza di 10 m³/s.

4 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Per la determinazione dei parametri geotecnici e per una ricostruzione generale della successione stratigrafica dei primi metri di sottosuolo sono state eseguite

- n°6 trincee esplorative mediante escavatore a braccio meccanico
- prova di permeabilità a carico variabile
- n°3 prospezioni in sismica passiva a stazione singola basata sulla tecnica dei rapporti spettrali (o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

L'ubicazione delle indagini è evidenziata nella seguente planimetria fuori scala.



4.1 TRINCEE ESPLORATIVE

Di seguito si riportano le stratigrafie ricostruite attraverso l'esame diretto dei fronti di scavo delle trincee esplorative

Committente Ing. P. Sartori Cantiere Via Pascoli Verona		Sondaggio TRINCEA 1	Profondità raggiunta 2.0	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m. Coordinate X Y
m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
		terreno vegetale limo argilloso		
			0.50	
1		limo sabbioso e argilloso		
			1.20	
		ghiaia sabbiosa		
2			2.00	

Committente Ing. P. Sartori Cantiere Via Pascoli Verona		Sondaggio TRINCEA 2	Profondità raggiunta 3.5	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m. Coordinate X Y
m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
		terreno vegetale limo argilloso		
			0.70	
1		limo sabbioso e argilloso		
			1.50	
2		ghiaia sabbiosa passante a ghiaia ciottolosa con massi		
3			3.50	

Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 3	Profondità raggiunta 3.5	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
1		terreno di riporto con sfridi di demolizione	3.50	
2				
3				
4				

Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 4	Profondità raggiunta 2.5	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
1		terreno di riporto con sfridi di demolizione	2.50	
2				
3				

Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 5	Profondità raggiunta 3.5	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
1		terreno di riporto con sfridi di demolizione	3.50	
2				
3				

Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 6	Profondità raggiunta 3.5	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
1		terreno di riporto con sfridi di demolizione	3.50	
2				
3				

Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 7	Profondità raggiunta 3	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
1		terreno di riporto	1.50	
2		limo sabbioso e argilloso	2.50	
3		ghiaia sabbiosa con ciottoli	3.00	
4				

Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 8	Profondità raggiunta 2.5	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
1		terreno di riporto	1.00	
2		limo sabbioso e argilloso	2.00	
3		ghiaia sabbiosa con ciottoli	2.50	

Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 9	Profondità raggiunta 2.0	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
		terreno vegetale limo argilloso		
1			1.00	
		ghiaia sabbiosa con limo argilloso		
2			2.00	
3				



Committente Ing. P. Sartori	Sondaggio TRINCEA 10	Profondità raggiunta 3.5	Quota Ass. P.C. circa 59 m s.l.m.
Cantiere Via Pascoli Verona		Inizio/Fine Esecuzione 22/05/2012	Coordinate X Y

m	Litologia	Descrizione	Quota	Documentazione fotografica
		terreno di riporto con sfidri di demolizione		
1				
2				
3			3.50	



4.2 PROSPEZIONE IN SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR

La caratterizzazione geofisica del sottosuolo si è basata sulla tecnica dei rapporti spettrali (o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio) ed è stata svolta mediante un tromometro digitale modello "Tromino", i cui dati sono stati analizzati ed interpretati con il software "Grilla".

Dalla registrazione dei microtremori in una stazione singola si ricava:

- ❖ *la frequenza caratteristica di risonanza del sito (c.d. "effetto di sito"), da confrontare con la frequenza di vibrazione dell'edificio in progetto, al fine di evitare l'effetto di doppia risonanza;*
- ❖ *la velocità media delle onde di taglio Vs nei primi 30 metri di profondità, così come richiesto dalla normativa vigente, attraverso la conoscenza di un riflettore noto ricavato da dati stratigrafici;*
- ❖ *la stratigrafia delle prime decine di metri del sottosuolo, attraverso l'interpretazione della curva H/V, nella quale i vari livelli devono essere intesi come strati a diversa impedenza (impedenza = densità x velocità onde sismiche).*

PROVA H/V 1

Strumento: TRZ-0061/01-10

Inizio registrazione: 22/05/12 17:13:09 Fine registrazione: 22/05/12 17:25:09

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

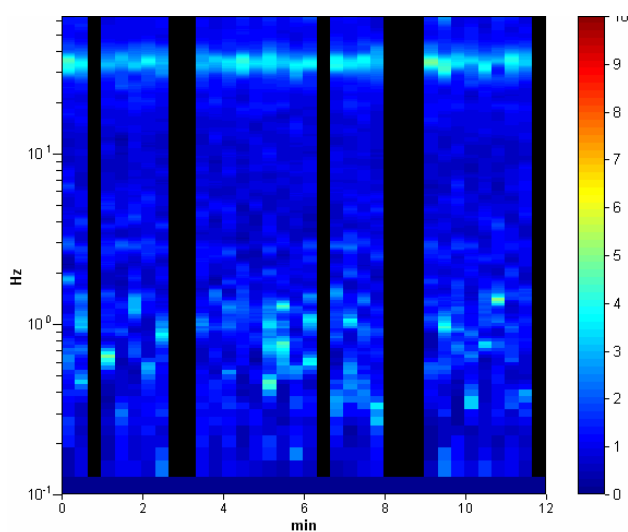
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

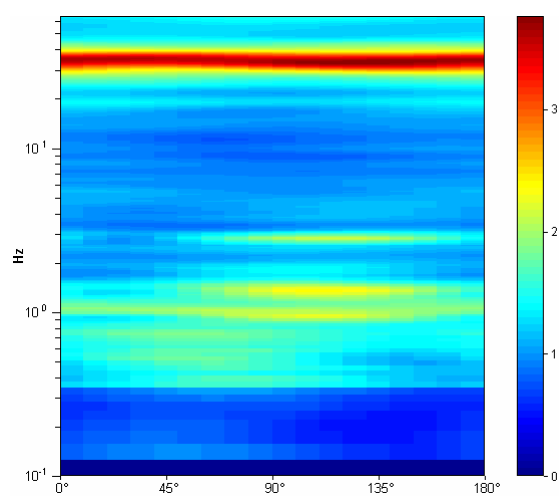
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

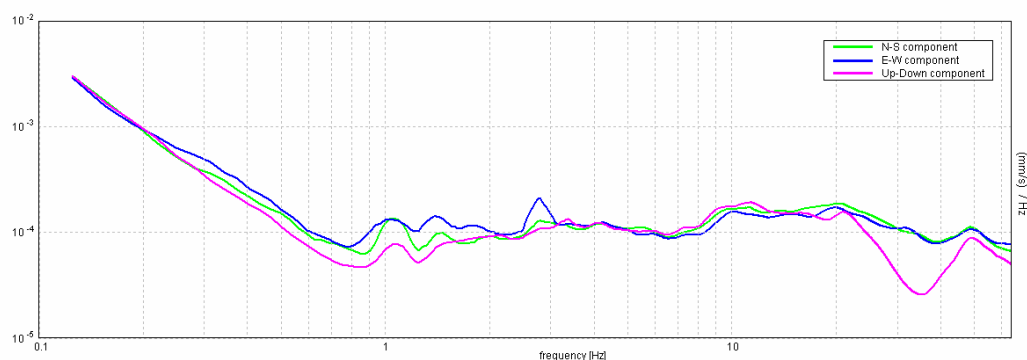
SERIE TEMPORALE H/V



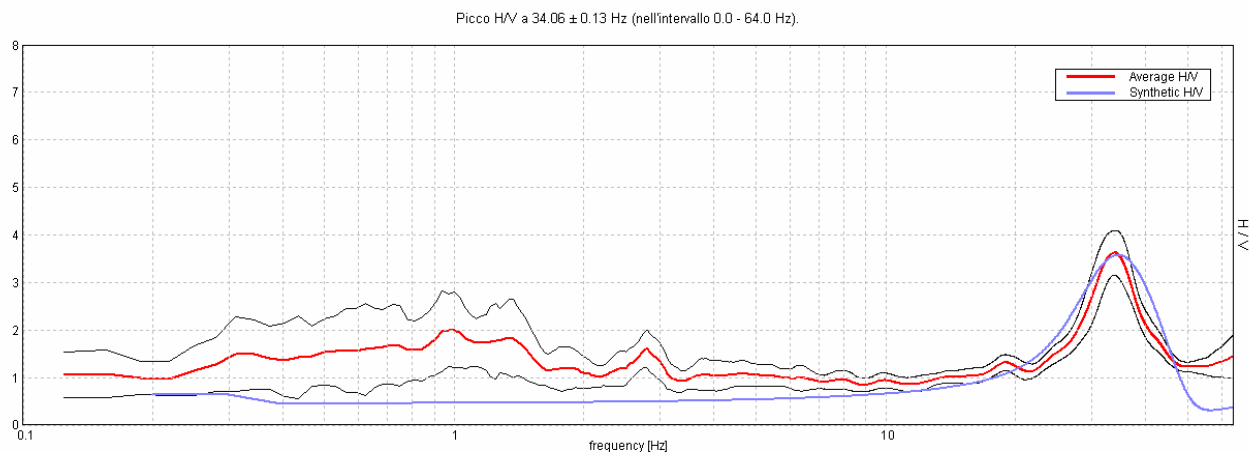
DIREZIONALITA' H/V



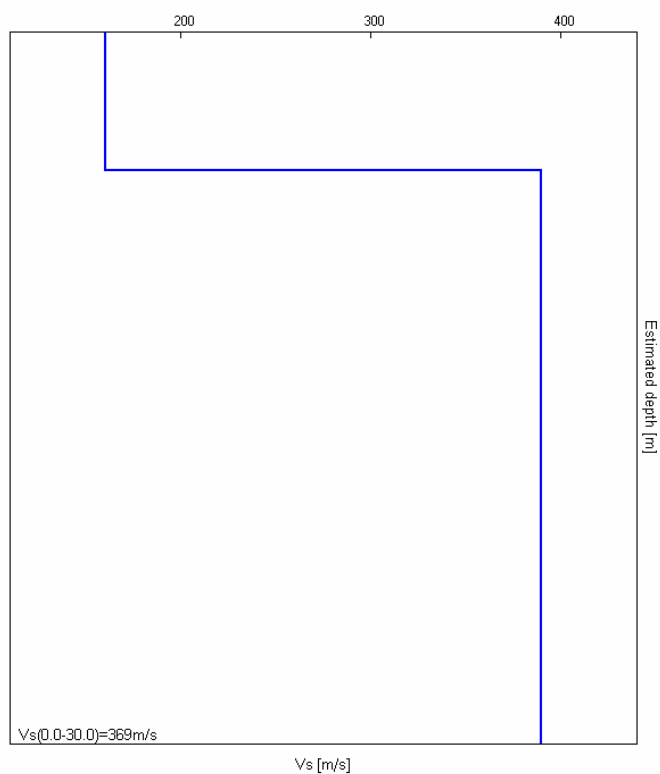
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



ANDAMENTO DELLA VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE CON LA PROFONDITA'



INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Litologia
0.00÷1.20	1.20	160	Limi sabbio argillosi
oltre	----	390	Alluvioni ghiaiose-sabbiose

Vs 30 = 369

PROVA H/V 2

Strumento: TRZ-0061/01-10

Inizio registrazione: 12/06/12 17:34:54 Fine registrazione: 12/06/12 17:46:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 81% tracciato (selezione manuale)

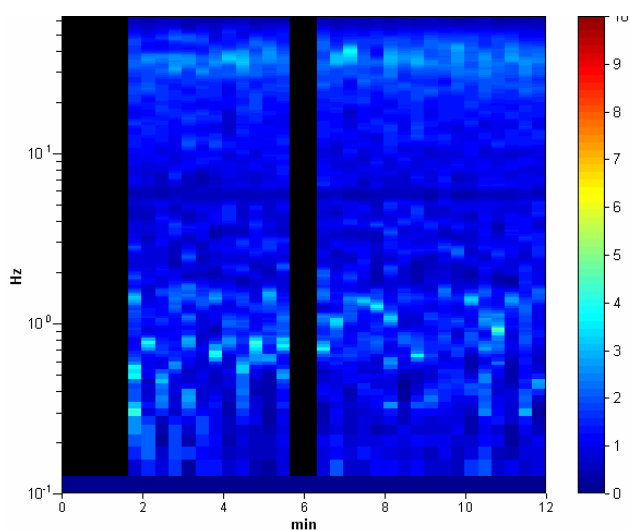
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

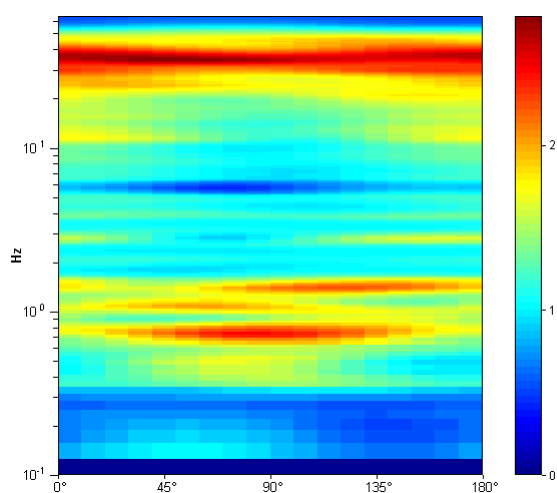
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

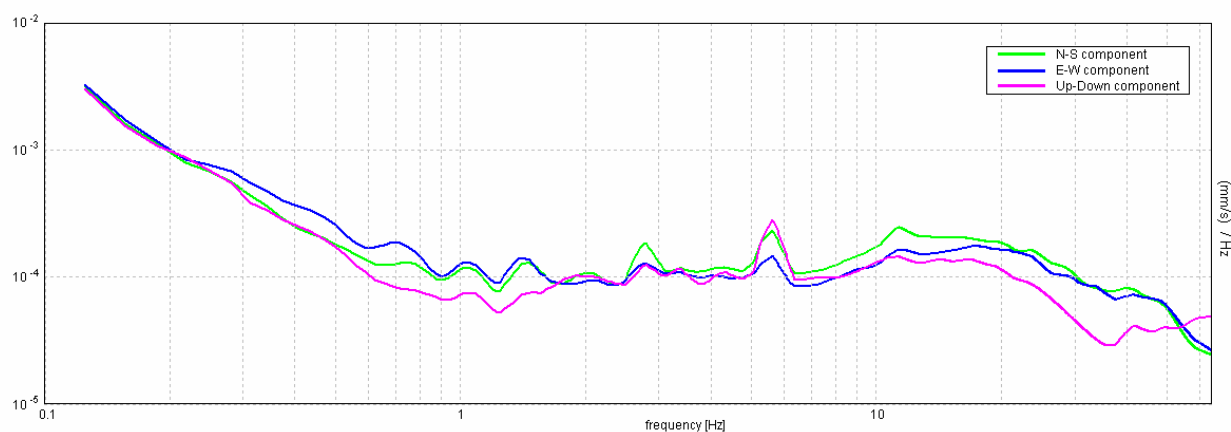
SERIE TEMPORALE H/V



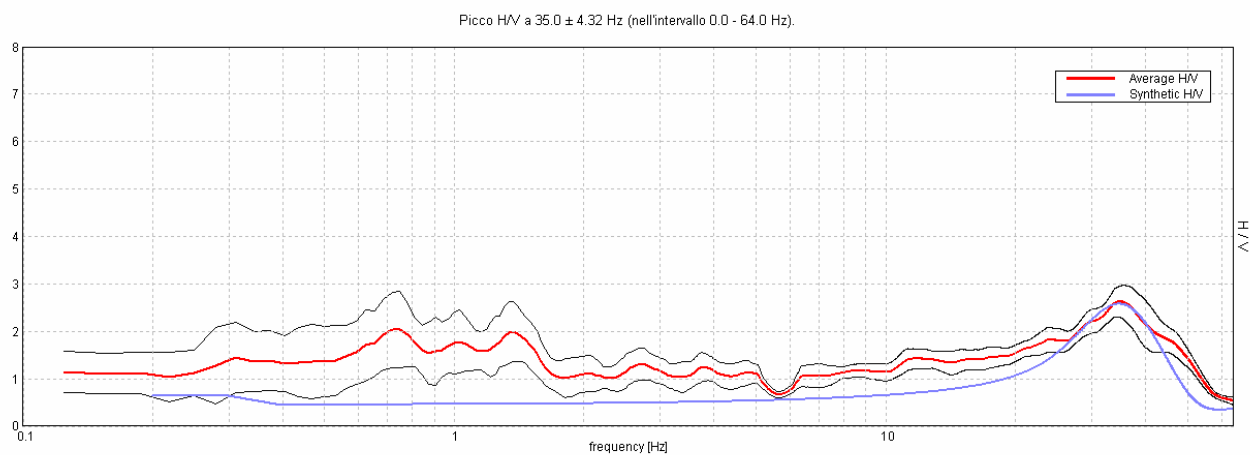
DIREZIONALITA' H/V



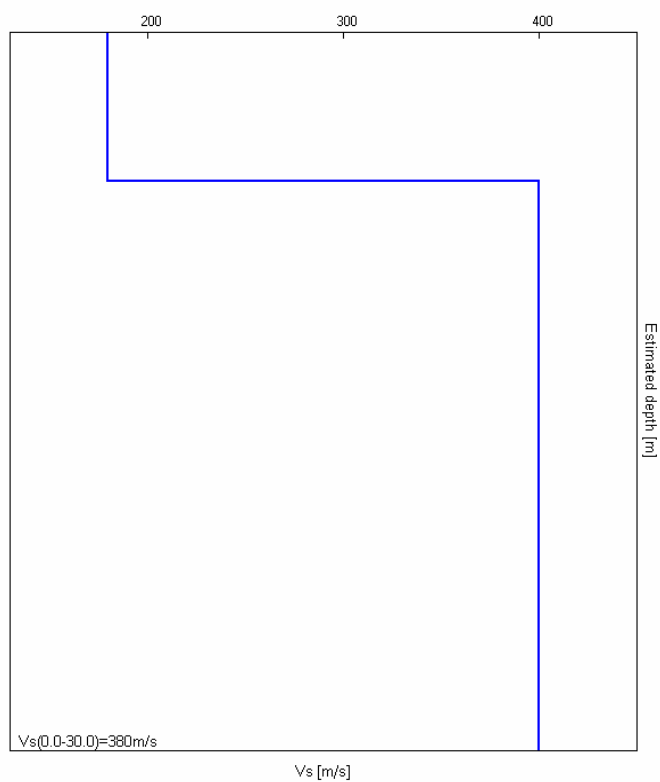
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



ANDAMENTO DELLA VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE CON LA PROFONDITA'



INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Profondità (m)	Spessore (m)	V_s (m/s)	Litologia
0.00÷1.30	1.30	180	Limi sabbio argillosi
oltre	----	400	Alluvioni ghiaiose-sabbiose

$$V_s 30 = 380$$

PROVA H/V 3

Strumento: TRZ-0061/01-10

Inizio registrazione: 12/06/12 17:18:30 Fine registrazione: 12/06/12 17:30:30

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 78% tracciato (selezione manuale)

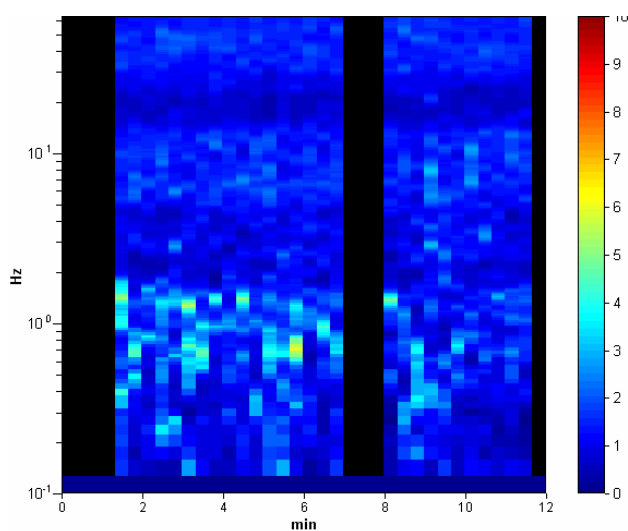
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

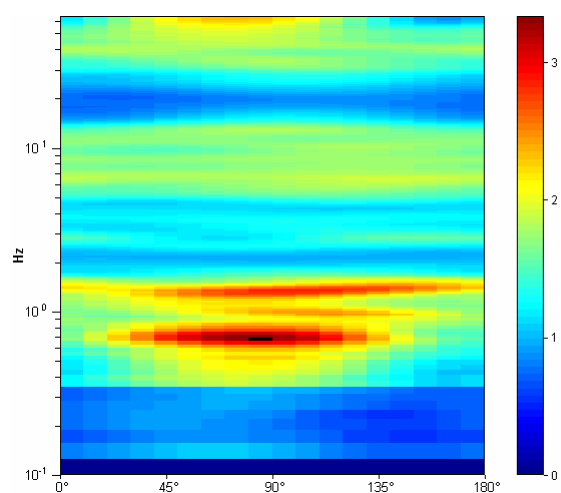
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

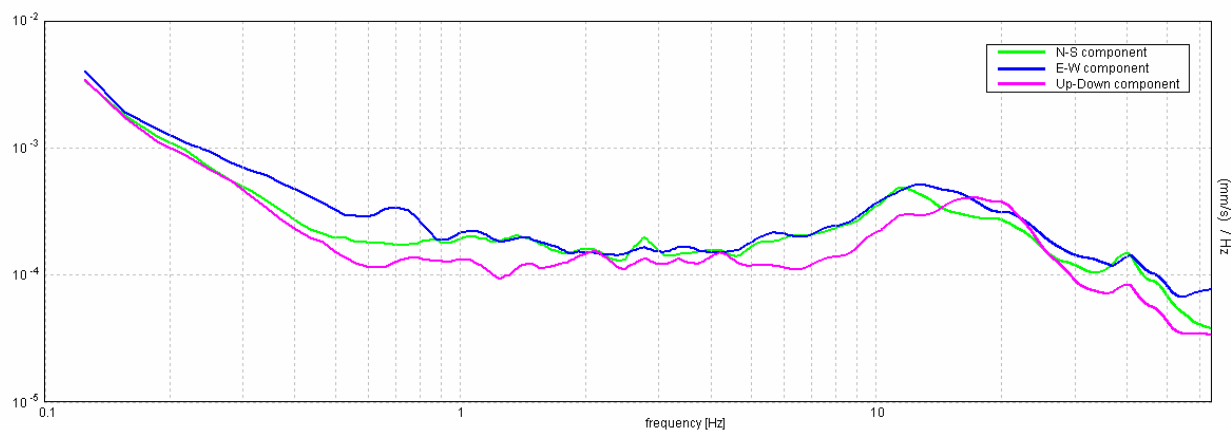
SERIE TEMPORALE H/V



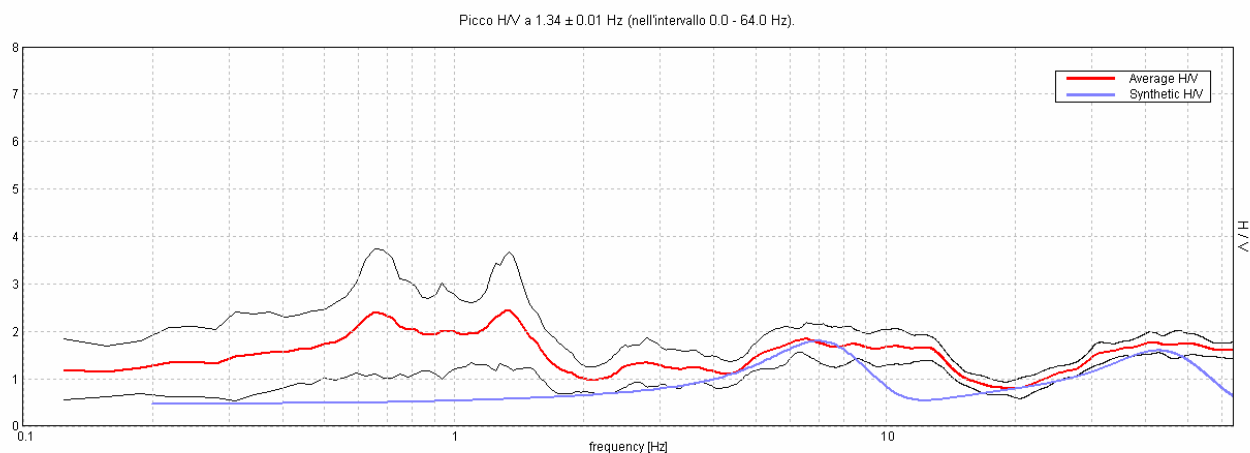
DIREZIONALITA' H/V



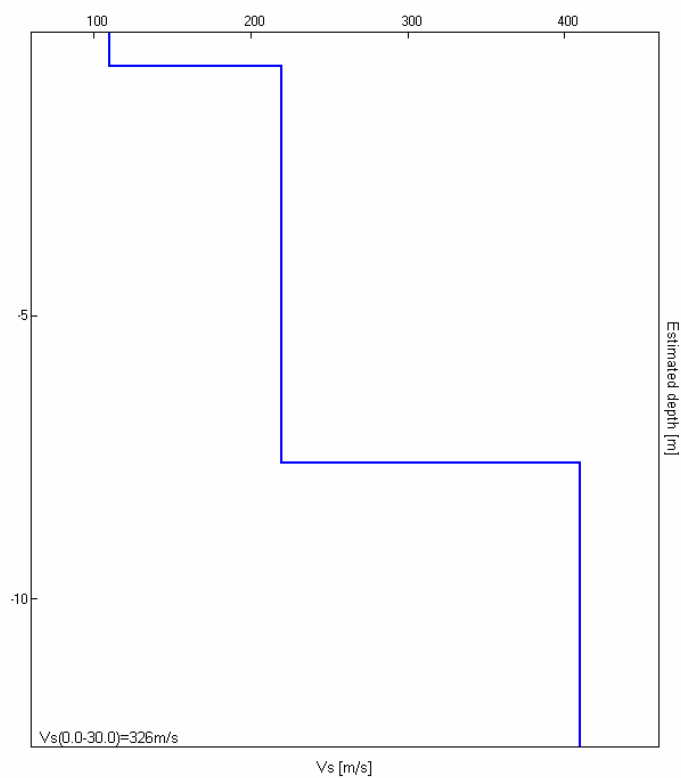
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



ANDAMENTO DELLA VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE CON LA PROFONDITA'



INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Profondità (m)	Spessore (m)	V_s (m/s)	Litologia
0.00÷0.60	0.60	110	Terreno di alterazione superficiale
0.60÷7.60	7.00	220	Terreno di riporto
oltre	----	410	Alluvioni ghiaiose-sabbiose

$V_s 30 = 326$

4.3 PROVE DI PERMEABILITA'

Per valutare la capacità d'infiltrazione del terreno dell'area in esame, in data 22.05.2012 in corrispondenza della trincea 1 e ad una profondità di circa 2 metri è stata condotta una prova di permeabilità con metodo dell'infiltrometro

L'infiltrometro ad anello singolo, realizzato in opera, è costituito da una tubazione in pvc del diametro di 20 cm e con altezza di 2,0 metri, con infissione nel terreno di circa 10 cm.

La prova effettuata è a carico variabile e la permeabilità viene ricavata dalla formula (US Navy Bureau, 1972) di seguito riportata:

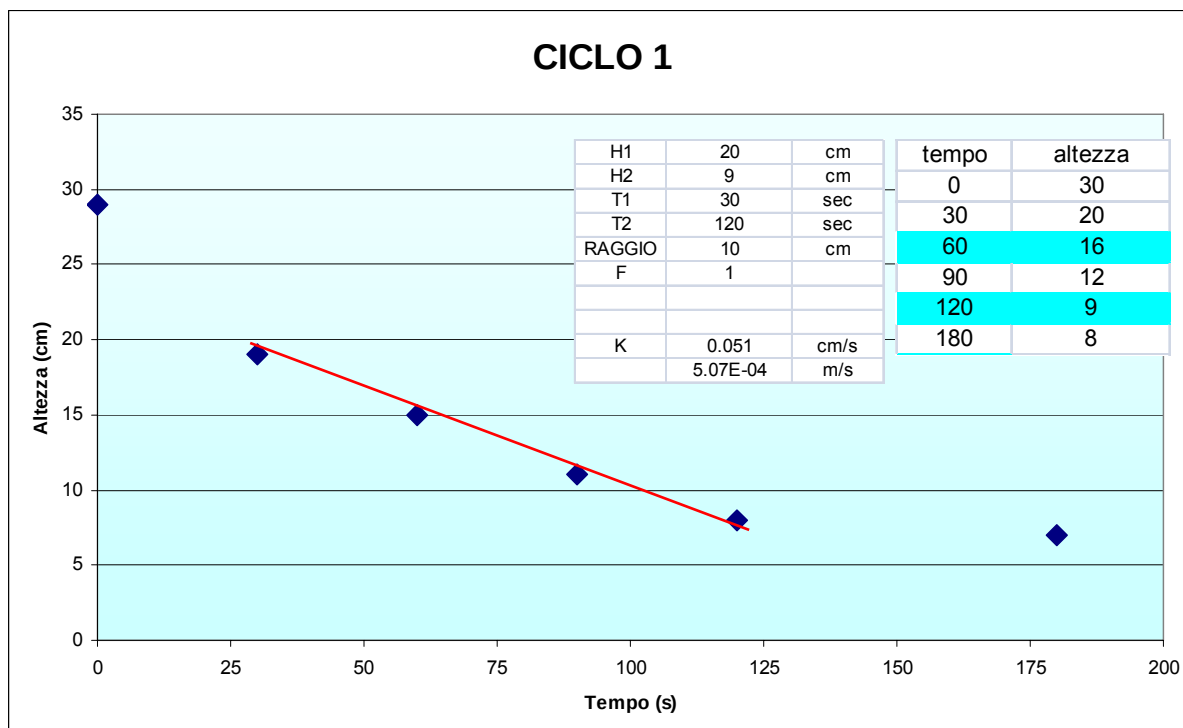
$$K = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot f}{11(t_2 - t_1)} \cdot \ln\left(\frac{h}{H}\right)$$

dove:

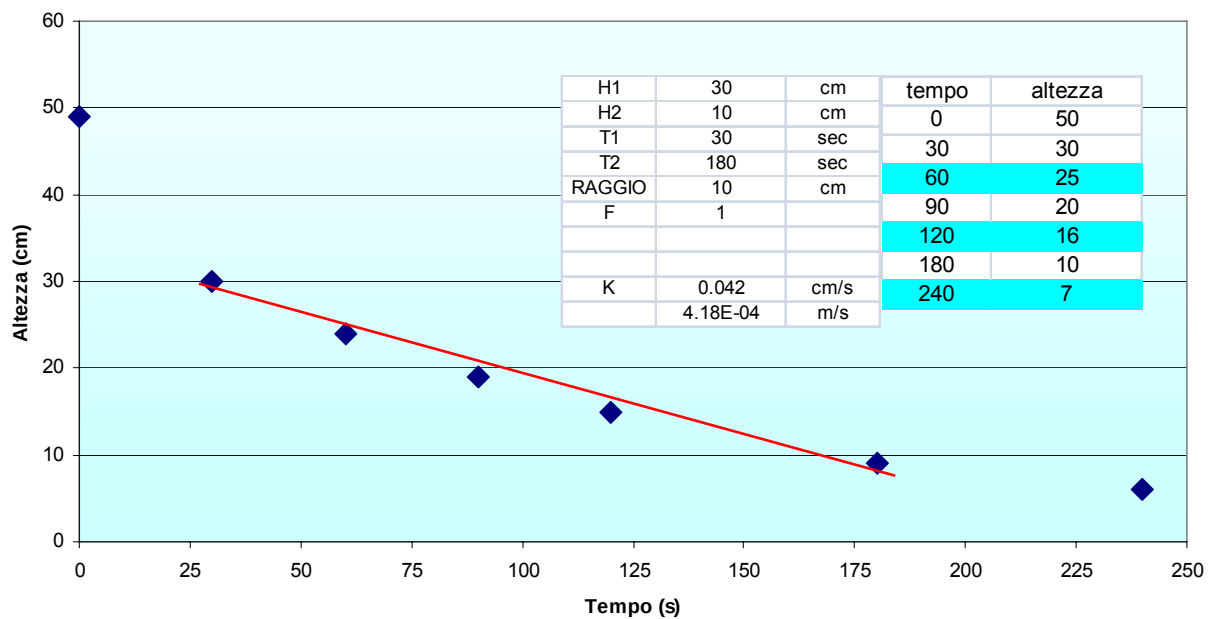
- K = conducibilità idraulica calcolata (cm/s);
R = raggio interno dell'infiltrometro (cm);
 $t_2 - t_1$ = tempi (s)
h e H = altezze (cm)
f = fattore di forma ottenuto dal rapporto $C_u/5$ dove C_u è il coefficiente di uniformità del terreno dato da (d_{60}/d_{10}) .

Al fine di ottenere un risultato statisticamente significativo la prova è stata ripetuta per 4 cicli successivi di carico

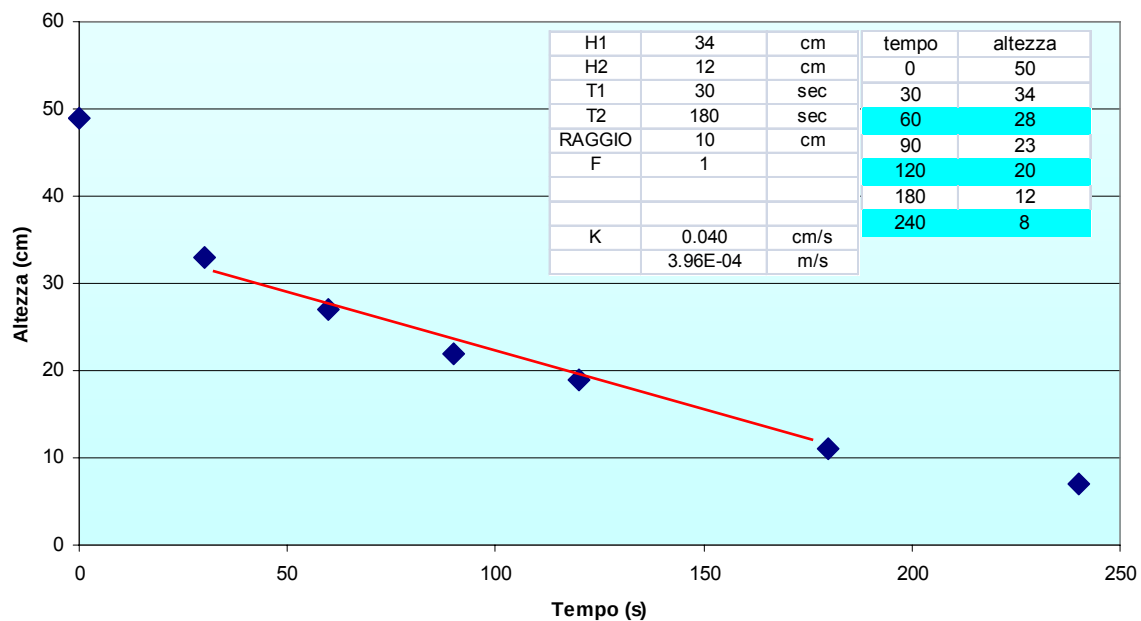
I valori di K per ogni ciclo di carico sono di seguito riportati:

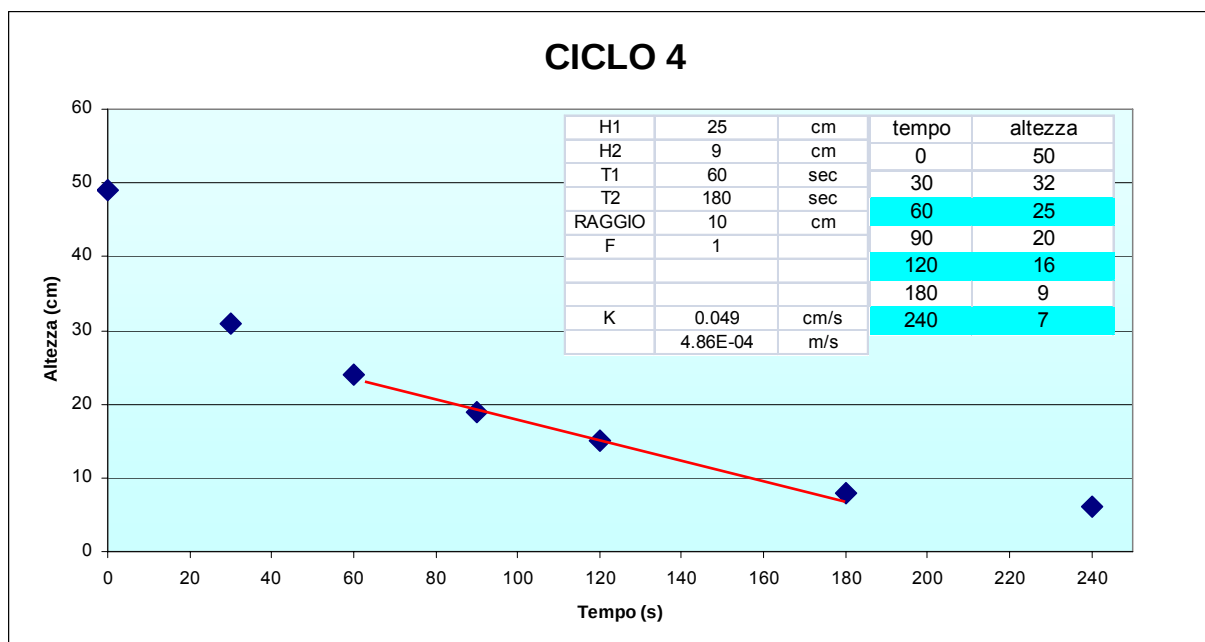


CICLO 2



CICLO 3





Il coefficiente di permeabilità K medio per la alluvioni ghiaio sabbiose risulta pari a $4 \cdot 10^{-4}$ m/s.

5 MODELLO LITOLOGICO E GEOTECNICO DI PROGETTO

Le indagini eseguite permettono di evidenziare che nell'area in esame il sottosuolo al di sotto di uno strato superficiale metrico di limi sabbiosi talora argillosi, è costituito da alluvioni ghiaiose e sabbiose con ciottoli, ad eccezione della porzione Nord del PUA dove le indagini hanno evidenziato la presenza di terreni di riporto misti a sfridi di demolizione per spessori fino ad oltre 7-8 metri di profondità.

La superficie interessata da questi riporti è stimabile in circa 1.500 mq con un volume complessivo dell'ordine 8.000-10.000 mc.

La presenza di questi materiali di riporto, sia per caratteristiche geotecniche che per condizioni ambientali, è incompatibile con l'edificazione che pertanto dovrà essere preceduta da interventi di bonifica.

Per quanto riguarda le alluvioni in giacitura naturale la loro resistenza al taglio è principalmente regolata dall'angolo di attrito interno.

Con il metodo osservazionale proposto da Sanglerat, sulla base dei seguenti dati, è possibile definire l'angolo di attrito ϕ di questi materiali:

- *il grado di addensamento;*
- *la forma e la rugosità dei grani;*
- *la dimensione dei grani;*
- *la granulometria;*

e precisamente :

$$\phi' = 36 - \phi'_1 - \phi'_2 + \phi'_3 + \phi'_4$$

dove :

VALORI DELL'ANGOLO DI ATTRITO INTERNO DI MATERIALI GRANULARI			
Compattezza	ϕ'_1	molle	- 6°
		media	0
		serrata	+ 6°
Forma e rugosita' dei grani	ϕ'_2	spigolosa	+ 1°
		media	0
		arrotondata	- 3°
		assai arrotondata	- 5°
Grossezza dei grani	ϕ'_3	sabbia	0
		ghiaia fine	+ 1°
		ghiaia grossa	+ 2°
Granulometria	ϕ'_4	uniforme	- 3°
		media	0
		estesa	+ 3°

Nel caso specifico il valore medio che si è ottenuto è il seguente:

$$\phi' = 36 + 0 - 3 + 2 + 3 = 38^\circ$$

Pertanto, in via cautelativa, i principali parametri geotecnici dei terreni presenti nei primi metri di sottosuolo, possono essere così espressi:

Φ (angolo di resistenza al taglio)	35°
c (coesione)	0 kPa
γ (peso di volume)	18 kN/m ³
E (modulo di deformazione)	20 MPa
ν (coefficiente di Poisson)	0,35

Si precisa che la caratterizzazione sopraesposta si riferisce esclusivamente a litotipi ghiaiosi e sabbiosi in giacitura naturale e non ai materiali di riporto individuati nella porzione nord dell'area in studio.

6 ANALISI SISMICA DELL'AREA IN STUDIO

Dal punto di vista sismico la città di Verona si colloca, secondo il modello sismotettonico del C.N.R. del 1987, all'interno dell'«Area Lessinea»: essa corrisponde alla maggior parte del rilievo lessineo ed è caratterizzata da una discontinuità di Mohorovicich a minima profondità (meno di 30 km) correlabile con l'alto gravimetrico dei Lessini – Berici. In particolare, suddividendo l'area in sottozone, la città di Verona si inserisce all'interno della Fascia Pedemontana Veronese (M. Panizza, D. Slejko et al., *Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa*, 1981). Questa si trova al bordo meridionale dei Lessini e fa da passaggio alla pianura veronese. Essa corrisponde ad una faglia o ad un sistema di faglie (Linea di Verona), con abbassamento notevole della parte a Sud. L'abbassamento in epoca recente della zona dove scorre l'Adige, tra S. Ambrogio di Valpolicella e San Bonifacio è testimoniato da numerosi indizi. Lungo questa «Linea di Verona» si incontrano manifestazioni termali indicative di una neotettonica attiva ovvero di una evidente sismicità impostata lungo questa fascia di deformazione ed associata probabilmente alle direttrici ad andamento giudicariense (NE – SW) o scledense (NW – SE) che la intersecano.

L'attività sismica di questa fascia è caratterizzata soprattutto dai terremoti che hanno interessato la città di Verona. La localizzazione dei sismi è incerta ma la presenza di altra attività sismica, anche di localizzazione più attendibile, porta a considerare questa zona come un' area sismicamente attiva.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s) viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Pertanto la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento, riportato nella tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che in assenza di analisi specifiche può essere riferito a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

La normativa prevede l'analisi delle Vs sino a profondità di 30 metri dal piano di posa delle fondazioni.

Sulla base delle indagini eseguite l'area in studio, escludendo ovviamente l'area interessata da riporti che dovrà essere bonificata, è riferibile alla categoria di suolo di fondazione denominata B:

B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
----------	--

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, l'area in esame ricade nella categoria T1, come si evince dalla Tabella 3.2.IV e paragrafo 3.2.2 del D.M. 14.01.2008 «Norme tecniche per le costruzioni».

Coefficienti sismici [N.T.C.]

=====

Sito in esame.

latitudine: 45,4400948198178
 longitudine: 10,969879065367
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 12507	Lat: 45,4576	Lon: 10,9270	Distanza: 3871,060
Sito 2 ID: 12508	Lat: 45,4591	Lon: 10,9981	Distanza: 3053,914
Sito 3 ID: 12730	Lat: 45,4092	Lon: 11,0002	Distanza: 4176,029
Sito 4 ID: 12729	Lat: 45,4077	Lon: 10,9291	Distanza: 4808,427

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
 Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,041 g
 Fo: 2,509
 Tc*: 0,235 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
 Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,158 g
 Fo: 2,430
 Tc*: 0,276 [s]

Danno (SLD):
 Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,056 g
 Fo: 2,521
 Tc*: 0,246 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,204 g
 Fo: 2,469
 Tc*: 0,280 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200	Ss: 1,200
Cc: 1,470	Cc: 1,460	Cc: 1,420	Cc: 1,420
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,010	Kh: 0,013	Kh: 0,045	Kh: 0,069
Kv: 0,005	Kv: 0,007	Kv: 0,023	Kv: 0,034
A _{max} : 0,487	A _{max} : 0,655	A _{max} : 1,856	A _{max} : 2,403
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,240	Beta: 0,280

7 CONCLUSIONI

Da quanto precedentemente esposto si conclude che l'area oggetto dell'indagine non presenta situazioni geomorfologiche, geologiche o strutturali pregiudizievoli per la realizzazione del PUA programmato, fatta eccezione per la presenza di ingenti spessori di riporto nel settore settentrionale, che per caratteristiche di addensamento ed eterogeneità non risultano idonei a sopportare nuove edificazioni. L'edificabilità in tale settore è quindi condizionata all'esecuzione di adeguati interventi di bonifica geotecnica e ambientale.

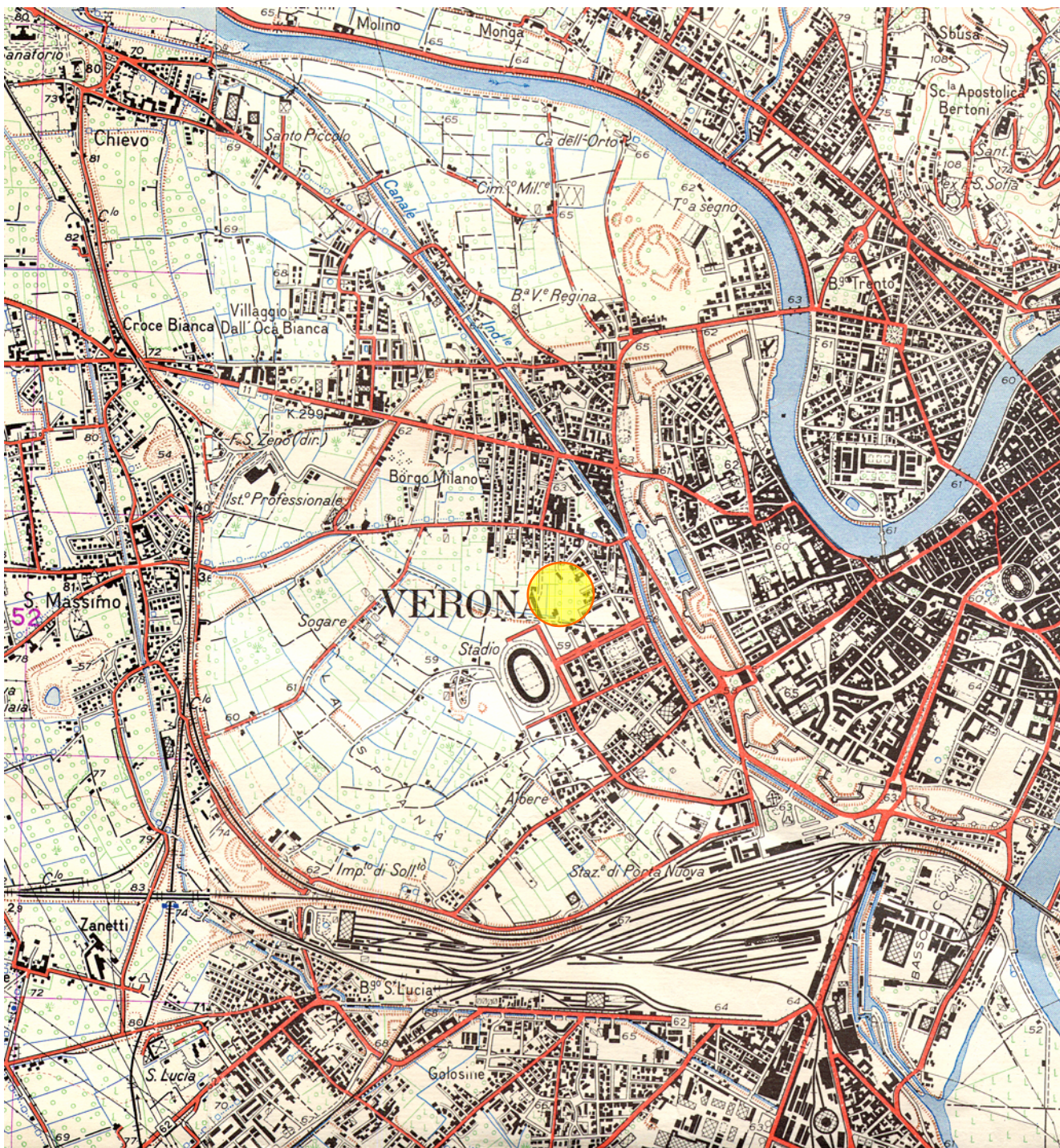
I dati reperiti in letteratura, il rilevamento di campagna e le indagini dirette hanno evidenziato che:

- ❖ il substrato dell'area in esame è costituito da sabbie alluvionali dotate di discrete caratteristiche geotecniche;
- ❖ non sono state riconosciute morfologie legate a dissesti in atto;
- ❖ dal punto di vista tettonico, non sono note faglie attive o elementi neotettonici;
- ❖ la zona indagata non è esondabile;
- ❖ per quel che concerne le caratteristiche idrogeologiche dell'area in esame, la falda si trova ad una profondità di circa 8 metri dal piano campagna in periodo di piena.

La presenza di questa falda determina l'iscrizione dell'area alla classe di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi "Alta". Il piano non comporta comunque potenziali fattori di rischio per la tutela della qualità della risorsa idrica sotterranea anche perchè non è compreso all'interno delle fasce di rispetto di opere pubbliche di captazione a scopo idropotabile.

Le acque nere civili provenienti dai servizi igienici verranno convogliate nella pubblica fognatura.

Verona, maggio 2013

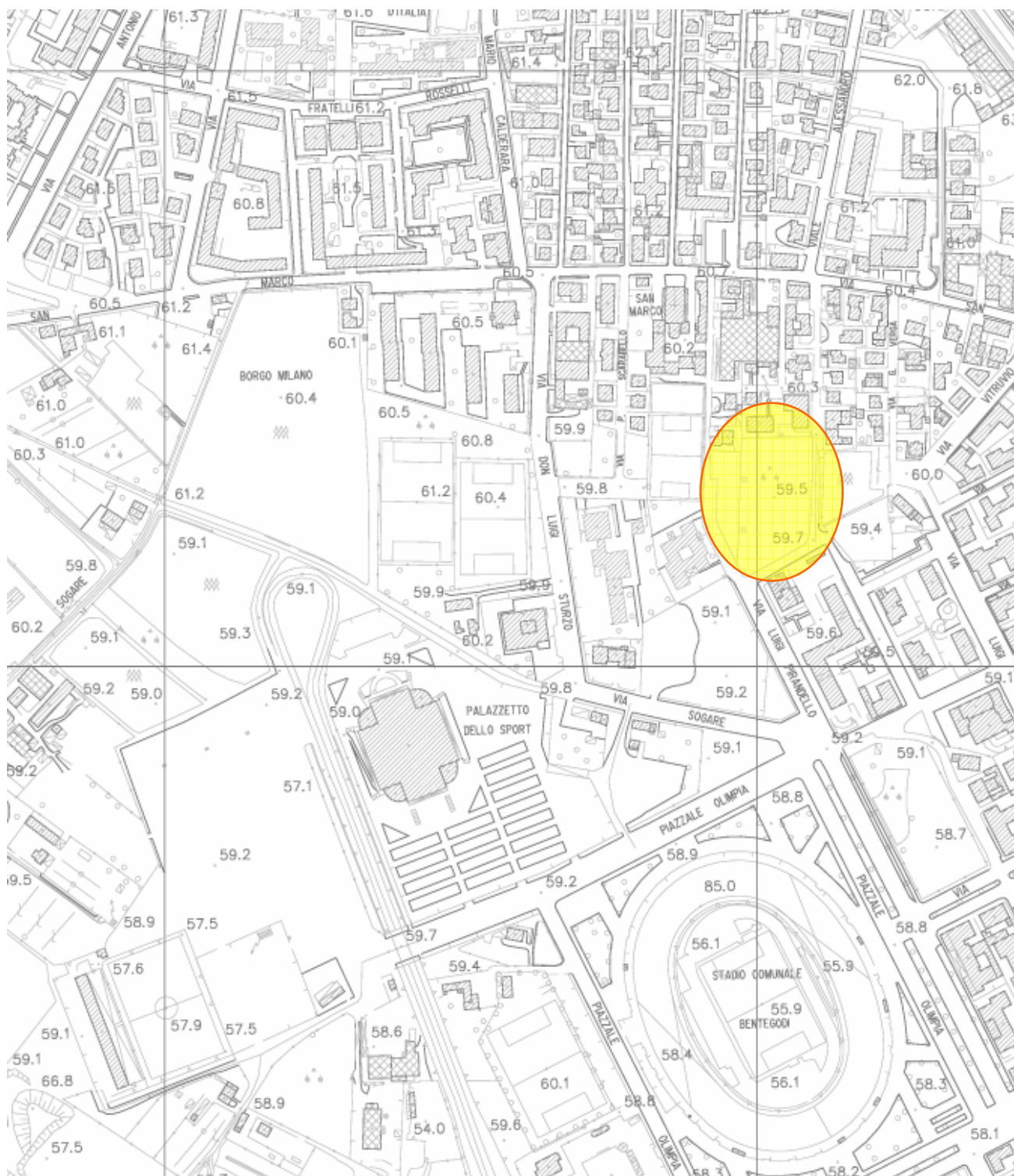


(stralcio dalle Tavolette IGM F°49 III N.O. «Verona»)

TOPOGRAFIA

scala 1:25.000

ubicazione dell'area in esame



(stralcio dell'elemento n° 123 161 «Verona Nord-Ovest»)

CARTA TECNICA REGIONALE

scala 1:5.000



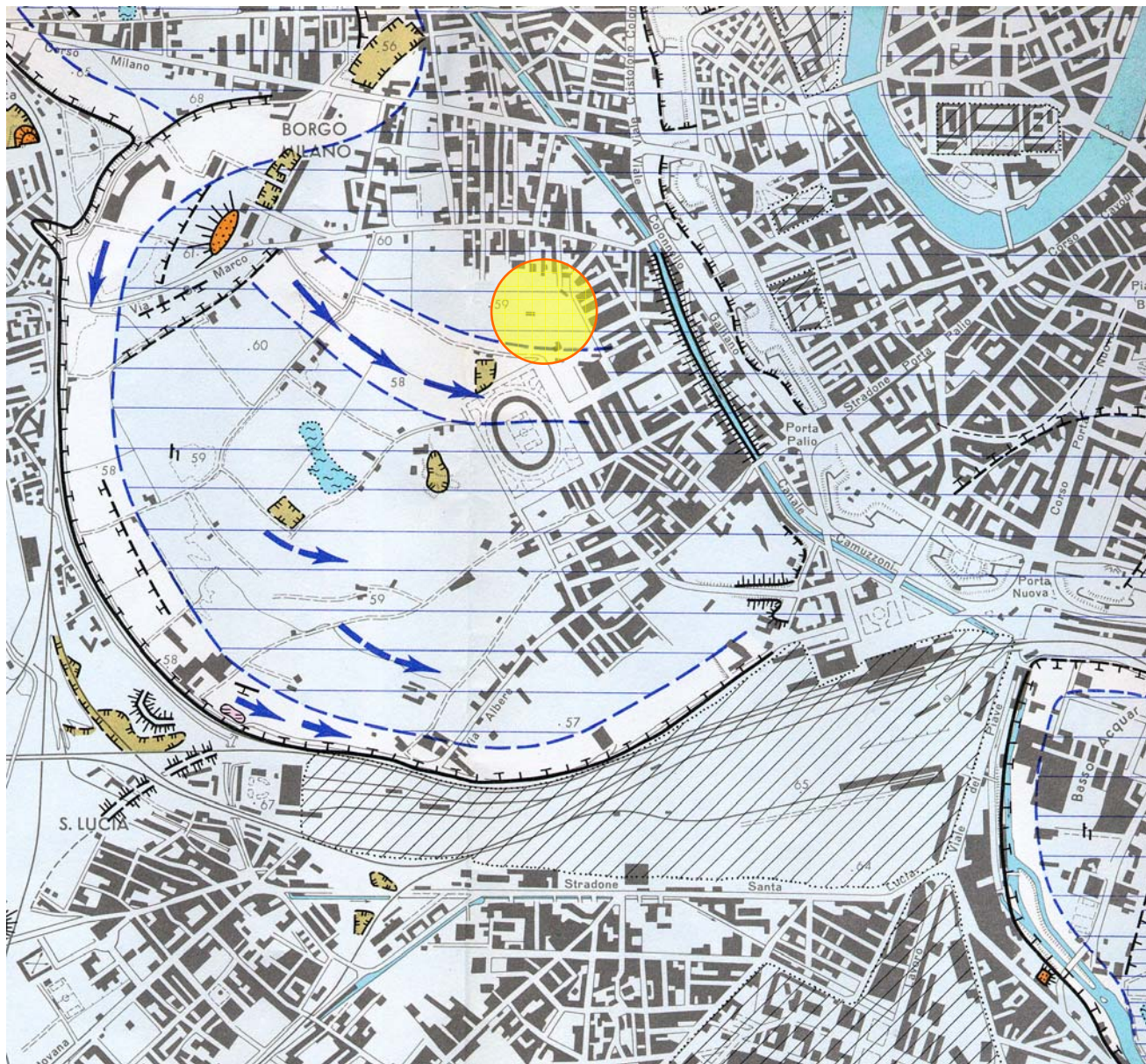
ubicazione dell'area in esame



Estratto catastale N.C.T. del Comune di Verona Foglio 251, mappali 60, 61, 62, 156, 159, 171, 172, 173, 174, 175, 186 parte, 190, 201, 231, 232, 233, 381

PLANIMETRIA CATASTALE

scala 1:2.000



stralcio da Spagna V. «Carta di morfoconservazione a indirizzo geotecnico del territorio del Comune di Verona», 1977

CARTA di MORFOCONSERVAZIONE **scala 1:20.000**

 ubicazione dell'area in esame

LEGENDA

	ZONE DI DENUDAZIONE IN ROCCE CALCAREE AFFIORANTI O SUBAFFIORANTI (SPESSORE DELLA COPERTURA DETRITICA O DEL SUOLO < 0,50-1,00 M).		ZONE SOTTOPOSTE A DENUDAZIONE PER COLTIVAZIONE IN CAVA DI MATERIALI LAPIDEI (Ia); ZONE SOGGETTE A SPROFONDAMENTO PER CARISMO (Ib).
	ZONE A COPERTURA DETRITICA ELUVIALE (TERRENI RESIDUALI) O DI ACCUMULO COLLUVIALE (DEPOSITI DI PENDIO); (DELIMITAZIONE A LINEA TRATTEGGIATA PER SPESSORE DELLA COPERTURA FRA 0,50-1,00 M E 3,00-4,00 M; LINEA CONTINUA PER SPESSORI > 3,00-4,00 M).		ZONE IMPREGNATE D'ACQUA NEI TERRENI A MATRICE ARGILLOSA DELLA COLTRE ELUVIALE E COLLUVIALE CHE RICOPRE IL SUBSTRATO ROCCIOSO.
	ZONE A COPERTURA DI MATERIALI SCIOLTI FORMANTI CONOIDI DI DEIEZIONE, DETRITO DI FALDA E ACCUMULI COLLUVIALI RACCORDATI CON IL FONDOVALLE (SPESSORE > 3,00-4,00 M).		PRESENZA DI ACQUA A DEBOLE PROFONDITÀ NEI MATERIALI GRANULARI DELLE ALLUVIONI DI FONDOVALLE (IVa-IVb-VIa).
	ZONE A COPERTURA DETRITICA SEMPRE DI FORTE SPESSORE FORMANTI LE ALLUVIONI DEI FONDOVALLE TRIBUTARI DIRETTI DEL F. ADIGE E TERRAZZI FLUVIO-GLACIALI.		ZONE SOTTOPOSTE A COLTIVAZIONE DI CAVA IN MATERIALI GRANULARI (IVb-Vb-VIb).
	ALLUVIONI TERRAZZATE FLUVIO-GLACIALI E FLUVIALI ANTICHE DEL F. ADIGE (I ₁ , I ₂).		RISTAGNO D'ACQUA IN CAVA PER INTERCETTAZIONE DELLA FALDA FREATICA.
	ALLUVIONI RECENTI E ATTUALI DEL F. ADIGE (I ₁ , I ₂).		MATERIALE DI RIPORE E DISCARICHE.

SIMBOLI GEOMORFOLOGICI

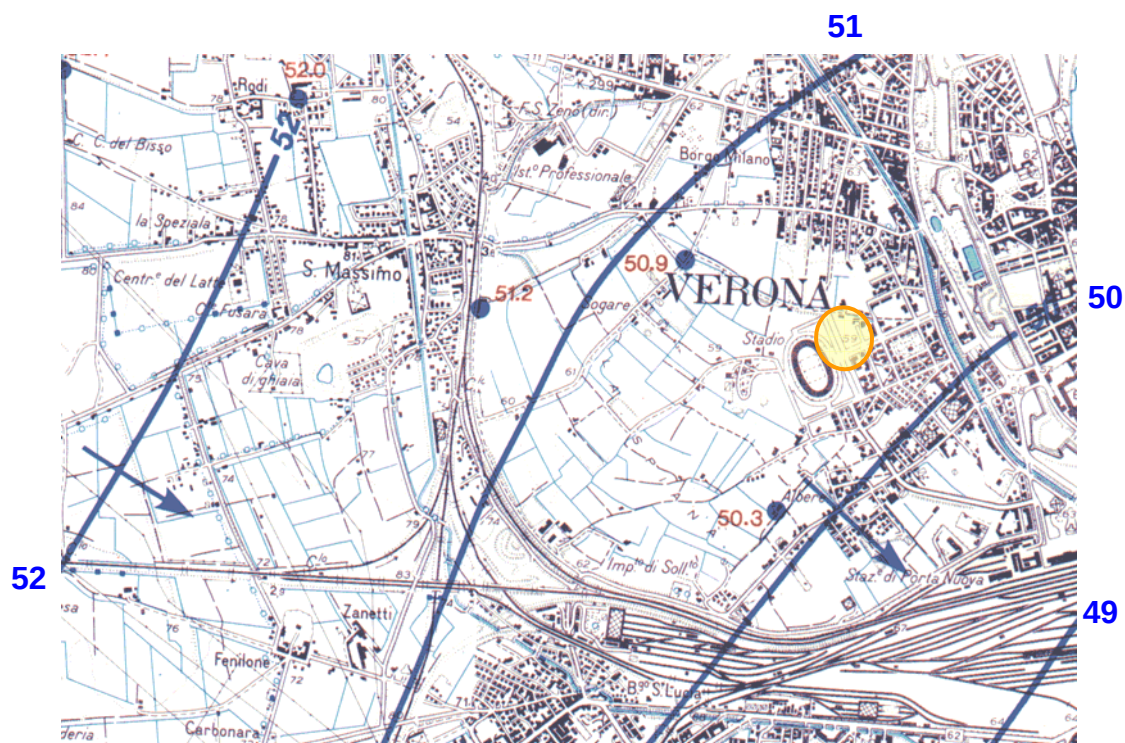
	nicchia di erosione		erosione attiva per ruscellamento concentrato
	brusco cambiamento di pendenza/dovuto all'erosione		erosione incanalata
	scarpata netta		dolina
	affioramento di strato a forte risalto morfologico		depressione in materiali granulari (pseudo-doline)
	bordo dei terrazzi fluviali		tracce di divergenza fluviale abbandonata
	frana recente		direzioni di deflusso sotterraneo più o meno certe
	frana antica		a) conoide di deiezione inattivo
	frana per scosciamento in blocco		b) id., allo sbocco delle valli maggiori
	frana di crollo		forma della sezione valliva (a "V", arrotondata e a fondo piatto)

SIMBOLI STRUTTURALI

	direzione e immersione degli strati
	piano di strato coincidente con la superficie topografica
	fratture e faglie
	zona di intensa fratturazione nelle fasce di disturbo tettonico
	limite litologico probabile
SIMBOLI MORFOMETRICI	
	distinta concavità
	distinta convessità
	concavità e convessità in pianta
	linea di spartiacque

SIMBOLI TOPOGRAFICI E ATTIVITÀ UMANA

	discarica e riporto
	cava di rocce lapidee
	cava di materiali granulari
	id., abbandonata
	argine
	corso d'acqua incanalato artificialmente
	copertura aerea non disponibile



LEGENDA

- 49.5 Pozzo con quota freatica
- 52 Isofreatica con quota s.l.m.

→ Direzione del deflusso sotterraneo

stralcio da A. Dal Prà e P. De Rossi «Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige» (1989)

CARTA IDROGEOLOGICA scala 1:30.000



ubicazione dell'area in esame